

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Année scolaire 1900-1901. — N° 154

ÉTUDE
SUR LE
PAVAGE des VOIES PUBLIQUES
au point de vue de l'hygiène

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Et soutenue publiquement le 6 Juillet 1901

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

Joseph GARDEL

Né à Domaize (Puy-de-Dôme), le 15 Novembre 1876



LYON

IMPRIMERIE MOUGIN-RUSAND, WALTENER & C^e SUCCESSEURS

3, RUE STÉLLA. 3

—
1901

ÉTUDE
SUR LE
PAVAGE des VOIES PUBLIQUES
au point de vue de l'hygiène

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Année scolaire 1900-1901. — N° 154

ÉTUDE

SUR LE

PAVAGE des VOIES PUBLIQUES

au point de vue de l'hygiène

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Et soutenue publiquement le 6 Juillet 1901

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

Joseph GARDEL

Né à Domaize (Puy-de-Dôme), le 15 Novembre 1876



LYON

IMPRIMERIE MOUGIN-RUSAND, WALTENER & C^e SUCCESEURS

3, RUE STELLA, 3

—
1901

PERSONNEL DE LA FACULTÉ

MM. LORTET.	DOYEN.
LACASSAGNE	ASSESEUR.
CROLAS.	QUESTEUR.

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. PAULET, CHAUVÉAU

PROFESSEURS

Cliniques médicales	}	MM. LÉPINE.
Cliniques chirurgicales		BONDET.
Clinique obstétricale et Accouchements		BARD.
Clinique ophthalmologique.		PONCET.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques		X.
Clinique des maladies mentales		FOCHIER.
Physique médicale		GAYET.
Chimie médicale et pharmaceutique		GAILLETON.
Chimie organique et Toxicologie.		PIERRET.
Matière médicale et Botanique.		MONOYER.
Parasitologie		HUGOUNENQ.
Anatomie		CAZENEUVE.
Anatomie générale et Histologie		FLORENCE.
Physiologie		LORTET.
Pathologie interne		TESTUT.
Pathologie externe		RENAUT.
Pathologie et Thérapeutique générales.		MORAT.
Anatomie pathologique		TEISSIER.
Médecine opératoire.		AUGAGNEUR.
Médecine expérimentale et comparée		MAYET.
Médecine légale		TRIPPIER.
Hygiène		POLLOSSON (M.)
Thérapeutique		ARLOING.
Pharmacologie		LACASSAGNE.
		COURMONT.
		SOULIER.
		CROLAS.

PROFESSEUR ADJOINT

Clinique des Maladies des Femmes	LAROYENNE.
--	------------

CHARGÉS DE COURS COMPLÉMENTAIRES

Clinique des Maladies des Enfants	WEILL, agrégé.
Maladie des voies urinaires.	CHANDELUX
Maladies des oreilles, du nez et du larynx	LANNOIS —
Accouchements.	POLLOSSON (A.)
Propédeutique médicale	ROQUE,
Propédeutique chirurgicale	GANGOLPHE,
Botanique.	BEAUVISAGE.

AGRÉGÉS

MM.	MM.	MM.	MM.
BEAUVISAGE.	CONDAMIN.	VALLAS.	PAVIOT.
ROQUE.	DEVIC.	SIRAUD.	NOVÉ-JOSSERAND
ROUX.	COLLET.	DURAND.	BERARD.
POLLOSSON (A.)	BOYER.	DOYON.	SAMBUC.
ROCHET.	BARRAL.	PIC	BORDIER.
ROLLET.	MOREAU.		

M. BEAUDUN, Secrétaire

EXAMINATEURS DE LA THÈSE

M. COURMONT, *Président*; M. ROUX, *Assesseur*;
MM. PIC et SAMBUC, *Agrégés*.

La Faculté de Médecine de Lyon déclare que les opinions émises dans les Dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation.

A LA MÉMOIRE DE MON PÈRE

A MA MÈRE

Témoignage affectueux de
ma plus vive reconnaissance

A MES PARENTS

A MES AMIS

AVANT-PROPOS

Qu'il nous soit permis, avant d'aborder cette étude, de remercier tous nos maîtres dans les hôpitaux.

A l'Ecole de médecine de Clermont-Ferrand, nous avons suivi les bonnes leçons de MM. les docteurs Bousquet, Du Cazal, Tixier, Bide et Planchard, et nous les assurons de toute notre gratitude pour la bienveillance qu'ils nous ont toujours montrée.

A Lyon, nous étions assidus au service de MM. les professeurs Bondet et Poncet. Nous n'oublierons jamais leurs savants conseils.

M. le professeur Courmont nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de cette thèse. Nous l'en remercions sincèrement.

M. le professeur agrégé Roux a été l'inspirateur de ce travail. Ses conseils nous ont été précieux. Qu'il veuille bien recevoir ici l'expression de notre vive reconnaissance pour l'intérêt qu'il nous a toujours porté, au cours de nos études.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

INTRODUCTION

On discute depuis trente ans sur la question du pavage des rues. Les opinions les plus variées ont été émises, tant par les hygiénistes que par les ingénieurs au sujet des divers modes de revêtement.

Chaque pavage a été tour à tour préconisé et critiqué.

Le but de ce modeste travail a été de compiler les différents avis des auteurs et d'en tirer les conclusions qui semblent, pour le moment, les plus rationnelles.

Dans un premier chapitre, nous avons traité du pavage en général.

Dans un second, nous avons étudié chaque mode de revêtement en particulier.

Une troisième partie de notre étude a été consacrée au côté économique et nous remercions bien sincèrement ici M. l'Ingénieur des voies publiques de Lyon, pour l'amabilité avec laquelle il nous a donné les renseignements nécessaires à ce sujet.

Enfin, dans un dernier chapitre, nous avons présenté une revue critique.

CHAPITRE PREMIER

Du Pavage en général

ARTICLE PREMIER

Historique.

Le pavage consiste dans le revêtement du sol par des matériaux aussi solides et compacts que possible.

Cette pratique n'est pas neuve. Le pavage des rues remonte, paraît-il, aux Carthaginois et aurait été importé par eux à Rome. On le préparait alors de la façon suivante : Sur une couche de gravier ou de morceaux de pierre, on étendait du plâtre ordinaire, puis au-dessus une autre couche de plâtre ou de chaux d'une épaisseur de 15 à 16 centimètres, mélangée de débris de tuile et de tessons. Enfin on disposait sur le

tout des pierres polygonales grossièrement travaillées et unies entre elles par du mortier.

Dans la suite, on sait avec quel soin et quel luxe les Romains pavèrent les rues et les places des villes conquises par eux. On retrouve encore dans les fouilles opérées en France et surtout en Italie, de ces grandes pierres dures (granit, grès, lave, basalte) posée sur une couche unie de béton et formant à la fois un pavage très beau, et, l'expérience l'a montré, très solide.

Ces pavages résistèrent plusieurs siècles, puisqu'ils servaient encore en Europe sous les Carlovingiens. Malheureusement, les dalles ne furent ni entretenues ni renouvelées. Elles disparurent petit à petit, et vers la fin du x^e siècle, les voies gallo-romaines ne furent plus que des cloaques.

Vers le xii^e siècle environ, on recommença à paver certaines places et voies publiques. Philippe Auguste, selon toute probabilité, employa de grandes pierres de grès « grosses et carrées » nous dit le chroniqueur Guillaume, pour le pavage de Paris. Plus tard, aux xv^e et xvi^e siècle, on utilisa souvent le pavage en cailloux pour les rues et les places. Ces cailloux, fortement usés sur une de leurs faces, étaient engagés dans une couche de sable par leur partie opposée.

Enfin, du xvi^e siècle jusqu'à nos jours, on employa soit les cailloux, soit le grès. Ce n'est que depuis une trentaine d'année environ qu'on se sert, à Paris, et dans les grandes villes, de pavages de toute espèce.

ARTICLE 2

De l'utilité du Pavage.

Avant d'aller plus loin dans cette étude, nous devons nous demander quelle est l'utilité du pavage et chercher les raisons pour lesquelles on s'est efforcé, de tout temps, à protéger, par un revêtement quelconque, le sol des voies publiques.

Ces raisons sont de deux sortes : les unes, d'ordre hygiénique ; les autres, d'ordre purement pratique. Ces dernières nous intéressent peu : ce sont elles pourtant qui ont donné naissance à la pratique du pavage, car, jusqu'à ce jour, on ne s'était guère préoccupé de la question que pour favoriser la circulation des rues, et éviter le défoncement du sol. Les raisons d'ordre hygiénique n'ont été étudiées que depuis une trentaine d'années environ, et elles ont été surtout mises en lumière depuis 1890, à la suite des travaux de Vallin, Du Mesnil, Petsche, Miquel, Rodet et Nicolas en France ; de Pettenkofer et Uffelmann en Allemagne ; de Manfredi, de Pellegrini en Italie ; de Polak et Bubnoff en Russie, etc.

Et d'abord, il s'agit de protéger le sol contre les souillures sans cesse déversées à sa surface, et empêcher son imprégnation par des substances nocives qui le pénètrent et s'y accumulent d'autant mieux qu'elles sont dissoutes dans l'eau, ou dans un liquide quelconque, et que ses pores sont plus larges, c'est-à-dire

qu'il est moins compact. La propreté des rues, en effet, est une condition hygiénique de grande importance, et le rapport du Dr Manfredi, sur les rues de Naples (1), auquel nous ferons de fréquents emprunts, nous donne à ce sujet un enseignement de première valeur. Les souillures des voies publiques ont des origines diverses : poussières de toute nature, ordures ménagères, crachats et enfin, dans quelques villes (Naples, entre autres), les excréments humains. Ces matériaux sont des plus nocifs, au point de vue de l'hygiène, et les expériences n'ont pas manqué de le prouver.

En effet, le Dr Manfredi recueillit à Naples, en 1892, un gramme de balayures fraîches des rues, et constata, après l'examen micrographique, le chiffre énorme de 6.668.000.000 bactéries. De plus, il analysa chimiquement ces matières et conclut de ses résultats que les immondices des rues étaient éminemment propres à servir de substratum à la fermentation et à la putréfaction. Les bactéries y trouvent non seulement une énorme quantité de matériaux décomposables, mais encore, en raison de la proportion, parmi ces substances, des composants les plus essentiels, un excellent terrain de culture. Il existe donc, dans les immondices des rues de Naples, une quantité de microbes qui est supérieure de beaucoup à celle qu'on trouve dans les eaux d'égouts, et qui ne peut être comparée qu'à celle

(1) « Sulla contaminazione della superficie nelle grandi città, dal punto di vista dell'igiene et dell'ingegneria sanitaria » par le Dr Manfredi. (*Annales d'hygiène*, 1892.)

des excréments humains, comme le montre le tableau suivant (1).

	MICRO-ORGANISMES		
	Dans 1 gramme de balayures	Dans 1 gramme d'excréments	Dans 1 cm ³ d'eau d'égout
Maximum ...	6.668.000.000	2.300.000.000	38.000.000
Minimum	910.000	25.000.000	10.500
Moyenne.....	716.721.000	381.000.000	544.500

Il est vrai que Naples est la ville anti-hygiénique par excellence, comme nous l'apprend le Dr Manfredi. Il faudrait remonter à plus d'un siècle en arrière pour trouver chez nous, dans une ville de l'importance de Naples, une situation analogue à celle que nous dépeint cet auteur. Et, en effet, d'autres expériences pratiquées par Uffelmann, à Rostock, en 1890 (2), et par Du Mesnil, à Munich, en 1889 (3), ont donné des chiffres très inférieurs, mais tout de même respectables, de 500.000 à 3.000.000 de bactéries par gramme de balayures fraîches. Il n'en reste pas moins acquis que les conditions hygiéniques des rues ont une influence décisive sur la composition bactériologique des poussières, et partant sur la contamination de la surface des rues des grandes villes.

Les immondices des voies publiques sont des matières douées de propriétés infectieuses, et les microbes

(1) *Annales d'hygiène*, 1892.

(2) Uffelmann, *Traité d'hygiène*. Leipzig, 1890.

(3) *Annales d'hygiène*, 1892.

pathogènes qui y sont contenus : bactériodie charbonneuse, bacille de Nicolaïev, bacille de Koch, staphylocoques, streptocoques pyogènes (expériences de Manfredi), s'ils ne peuvent s'y conserver indéfiniment, trouvent pourtant dans ces immondices des conditions qui leur permettent de vivre, de se multiplier même, et de conserver leur propriété pendant un temps assez long. L'infection peut se faire à l'homme, soit par contact direct, soit par la diffusion des matières dans l'atmosphère. Le professeur Fodor de Budapesth attribua en effet, en 1892, le grand nombre de décès par phthisie dans cette ville, à la grande surface des rues et d'avenues, simplement macadamisées, et aux poussières plus ou moins chargées de germes virulents que le vent y soulève. Il faut donc veiller avec soin à la bonne installation et à la propreté irréprochable des voies publiques, éviter dans les rues les cloaques et les cavités qui, par les temps de pluie, se transforment en mares, d'où les matières impures jaillissent à chaque instant sur les passants, et qui, par les temps secs, donnent lieu à des amas de poussières, sans cesse soulevées par le vent et les mouvements de la circulation.

Dans ce but, le pavage est de première utilité, d'abord en facilitant le lavage de la rue et le départ pour les égouts des matières qui la souillent, ensuite en s'opposant à l'infiltration dans les sous-sols de toutes les substances putrides et nuisibles à la santé publique.

Mais nous n'avons visé jusqu'ici que les souillures extérieures de la rue, et le sol des villes est soumis encore à d'autres causes d'infection lui venant cette fois de l'intérieur. Nous citerons les principales : diffu-

sion du gaz d'éclairage, inhumations dans les cimetières intra-urbains, infiltrations des fosses d'aisances et des égouts. Ces dernières sont de beaucoup les plus importantes. En 1889, en effet, dans le *Munchner Neueste Nachrichten* (1), le professeur Ziemssen montrait, par de nombreuses statistiques, que certains foyers de fièvre typhoïde avaient, à Munich, fréquemment coïncidé, avec des rues où les eaux d'égouts avaient pu s'infiltrer, grâce à des fissures. L'auteur allemand ajoute, d'ailleurs, que les épidémies de typhoïde dans cette ville, diminuèrent de plus de moitié après la réfection des égouts devenus complètement étanches.

Enfin, il est indiqué de protéger les habitants contre l'humidité naturelle de certains sols, humidité qui, par les temps de pluie, augmente dans des proportions effrayantes, si l'excès des eaux n'est pas immédiatement déversé à l'égout. Nous citerons à ce sujet l'intéressant travail du Dr James de Buenos-Ayres (2), qui constata la diminution de la léthalité dans cette ville, et surtout de la léthalité par la tuberculose, à la suite des travaux d'assèchement qui y ont été accomplis.

Depuis longtemps, du reste, le Dr Buchanan, en Angleterre, et le Dr Rodwitch, en Amérique, avaient prouvé que la tuberculose était une maladie des sols humides. L'exemple de Buenos-Ayres confirme la

(1) Cité par la *Revue d'hygiène*, 1899.

(2) Cité par la *Revue d'hygiène*.

manière de voir de ces deux hygiénistes et démontre la nécessité d'obvier à l'humidité.

Dans tous ces cas de souillures extérieures et d'humidité, c'est encore au revêtement des rues qu'il faudra s'adresser.

ARTICLE 3

Des conditions que doit remplir le pavage au point de vue hygiénique.

Maintenant que nous connaissons l'utilité du pavage et son but, nous sommes plus à même de comprendre les conditions qu'il doit présenter pour être un bon pavage au point de vue hygiénique.

Ces conditions ont été bien étudiées dans les *Annales d'Hygiène et de Médecine légale*, sous la signature de Vallin. Elles sont au nombre de quatre :

1^o Les matériaux doivent être facilement nettoyables, ce qu'on obtient en donnant à la surface de la rue une forme convexe dans le sens transversal, pour que les eaux d'arrosage puissent facilement s'écouler sur les côtés de la voie. Mais ici se pose une question : l'arrosage des rues n'est-il pas plus dangereux qu'utile ? M. T. Mazuschista (1) fit, en effet, à Fribourg en Brisgau des recherches sur la teneur en

(1) Les bactéries et l'arrosage des rues (*Revue d'hygiène*).

bactéries de la poussière des rues, suivant que celles-ci sont plus ou moins arrosées, et que la sécheresse a duré plus ou moins longtemps. Et de ces expériences il résulte que l'arrosage favorise la multiplication des microbes et entrave leur destruction par la sécheresse et la lumière du soleil. A cela on peut répondre que, d'une part, l'examen détaillé des bactéries a montré que les espèces pathogènes existaient à peu près en nombre égal dans les poussières arrosées ou non.

D'autre part, s'il existe davantage de bactéries dans les poussières arrosées, cet accroissement de nombre se trouve compensé par la fraîcheur des rues et l'immobilisation relative de la poussière. On doit reconnaître, toutefois, que le mieux serait de laver abondamment les rues, ou bien de les humecter légèrement par l'arrosage ;

2° Les matériaux employés doivent être autant que possible imperméables pour que les liquides ne s'infiltrant pas dans les sous-sols et ne deviennent ainsi une cause puissante de contamination. Les docteurs italiens Francesco Abba et Francesco Barelli, dans une communication à la Société piémontaise d'hygiène (1^{er} décembre 1900), ont insisté sur ce fait (1). Ces auteurs opérèrent : 1° sur des plaques de verre lisses et polies ; 2° sur des planchettes de mélèze raboté ;

(1) *Sulla resistenza del bacillo tuberculare negli sputi sopra diverse specie di pavimento et dentro le biancherie.*

3° sur des briques poreuses d'argile, en faisant tomber sur chacun de ces matériaux des portions de crachats tuberculeux frais, riches en bacilles de Koch et virulents. Pour se rapprocher le plus possible des conditions naturelles, ils disposèrent toutes les plaques ainsi préparées dans des milieux ambiants divers (au couchant, au levant, à l'humidité, à l'obscurité, à la lumière diffuse). Après quelques jours d'exposition, les crachats étaient revivifiés, s'il était nécessaire, en y versant quelques gouttes d'eau stérilisée, et on les injectait à des cobayes témoins du poids de 400 à 500 grammes. Les cobayes étaient tenus en observation et, s'ils ne mouraient pas intercurrentement, on les sacrifiait au bout de quelques jours pour en faire l'examen nécroscopique. Après toute une série d'expériences, les auteurs italiens conclurent que les matériaux poreux se prêtaient admirablement à la conservation du bacille de Koch et, en effet, ils purent trouver des bacilles virulents sur des briques d'argile ou des planchettes de bois, même après seize jours d'exposition à la lumière diffuse, alors qu'ils n'en trouvèrent pas sur des plaques de verre. Pour Abba et Barelli, les meilleurs pavés sont donc ceux qui sont imperméables; parce qu'alors, disent-ils, le dessèchement des crachats est plus complet et plus rapide, et que l'action bactéricide de la lumière s'exerce d'une façon plus parfaite;

3° Les pavés doivent avoir une dureté convenable pour éviter la formation de la poussière et de la boue

dans des cavités qui deviennent des réceptacles d'ordure et des foyers de putréfaction;

4° Enfin, pour des raisons d'un autre ordre, l'hygiène réclame dans les villes populeuses, un pavage qui produise le moins de bruit possible.

CHAPITRE II

Des différents pavages au point de vue hygiénique

En nous basant sur les principes précédents, voyons comment on doit juger les différents types de pavages expérimentés jusqu'ici. Et d'abord quelles ont été les matières proposées? On peut dire que, dans ces dernières années, tout a été essayé, et il est encore difficile de se prononcer dans une question où se mêlent les intérêts des divers fabricants. Les entrepreneurs de l'industrie du pavage font, en effet, une telle réclame en faveur du produit que chacun préconise, ils attaquent avec tant de partipris tous les modes de revêtement autres, que bientôt, suivant la remarque

de M. Vallin, les hygiénistes scrupuleux n'oseront plus dire ni écrire un mot en faveur de tel ou tel pavé, par crainte de paraître complices d'une campagne de dénigrement ou de réclame.

Quoi qu'il en soit, les formes jusqu'ici le plus souvent employées ont été : le macadam, la pierre, le grès, le bois et l'asphalte, comme le démontre le tableau suivant que nous empruntons au *Manuel du Génie sanitaire de Barré* (1) :

Surfaces des chaussées à Paris, en 1891

Chaussées empierrées.....	1.509.000	mètres carrés		
Pavage en pierre.....	6.355.000	—	—	
Asphalte.....	301.500	—	—	
Pavage en bois.....	554.000	—	—	

Nous devons dire cependant que, depuis cette époque, ces chiffres ont dû sensiblement changer en faveur du pavage en bois qui a remplacé à Paris nombre de chaussées jusqu'ici empierrées.

Le Dr Manfredi (2) a groupé en deux catégories ces différents types, suivant que les rues sont à surface continue et sans interstices, ou bien qu'elles sont à surface discontinue et avec interstices. Nous dirons à ce propos, pour n'y plus revenir, qu'au point de vue de l'hygiène, les rues à surface continue sont évidem-

(1) *La ville salubre*, par Barré.

(2) Déjà cité.

ment supérieures aux autres, car elles ne présentent pas l'inconvénient de joints et d'interstices où, pour si serrés qu'ils soient, les poussières peuvent s'accumuler et les matières se putréfier.

A la première catégorie du Dr Manfredi appartiennent les pavages en macadam et surtout en asphalte. La seconde comprend les pavés de grès, de pierre et de bois. C'est dans cet ordre que nous étudierons chacune de ces matières au point de vue hygiénique, et nous terminerons ce chapitre en disant quelques mots d'autres modes de pavage moins connus qui ont été peu expérimentés, et qu'une longue pratique n'a pas encore consacrés. Tels : le verre, le caoutchouc, le liège, la technolithe.

ARTICLE PREMIER

Macadamisation.

La macadamisation n'est pas autre chose que la pratique de l'empierrement employée déjà par les Romains et remise en honneur par Th. Mac Adam.

Les matériaux employés sont, par ordre de fréquence : le porphyre de Voutré, la meulière compacte, le caillou ou silex pyromaque. Pour empierre les chaussées, on répand sur une épaisseur de 25 à 30 centimètres les matières précédentes puis on comprime avec des cylindres à vapeur. On facilite la liaison en répandant une couche de sable. Mais les pluies prolongées ramollis-

sent le revêtement, qui perd alors sa cohérence et laisse pénétrer toutes sortes d'impuretés dans le sol sous-jacent. En outre, par les temps de pluie, il se forme à la superficie une énorme quantité de boue et, par les temps secs, une poussière considérable. On a cherché à augmenter la force de cohésion du macadam en mêlant au sable, de la poix ou du goudron et en choisissant les pierres les plus dures; mais l'expérience a montré que cela ne suffisait pas pour supprimer les inconvénients ci-dessus. Aussi, Paris a-t-il vu transformer peu à peu ses voies empierrées en chaussées mixtes comprenant une zone centrale d'empierrement et des revers pavés de chaque côté.

ARTICLE 2

Asphalte.

L'asphalte est un calcaire imprégné naturellement de bitume (7 de bitume environ pour 93 de calcaire), qu'on trouve dans la terre sous forme de gisements réguliers. Les principaux sont ceux de Seyssel-Pyrimont, dans l'Ain, et de Val-Travers, en Suisse.

On distingue deux espèces de pavages en asphalte :

1° Un pavage d'asphalte fondu que l'on mélange de sable et qu'on répand jusqu'à l'épaisseur de 4 à 6 centimètres sur un substratum de béton haut de 15 à 20 centimètres. Mais, dans ce mélange, l'asphalte ne

forme pas une masse homogène, et rapidement le revêtement s'use dans les rues commerciales, en produisant énormément de poussière. Cette pratique doit être réservée, autant que possible, pour les endroits où il ne passe que des piétons.

2° Un pavage avec asphalte comprimé. On étend sur un substratum de béton préalablement préparé, l'asphalte naturel, réduit en une fine poussière et chauffé à 130 ou 180 degrés centigrades, jusqu'à une hauteur de 7 à 8 centimètres, et on le comprime jusqu'à ce que la couche n'ait plus que 4 à 6 centimètres de haut. Dans quelques villes même, Strasbourg entre autres, l'asphalte pour le pavage des rues se vend tout comprimé sous forme de tablettes carrées de 10 centimètres de côté et épaisses de 4 centimètres. Dans ce cas, on remplit d'asphalte en poudre les interstices entre les tablettes. Citons, en France, l'usine d'asphalte comprimé de Pont-du-Château (Puy-de-Dôme).

Ce type de pavage est très employé aujourd'hui, et tend à se substituer aux autres types, à Londres, à Paris, à Berlin et dans beaucoup de villes d'Allemagne et surtout d'Amérique. L'unique inconvénient qu'il présente est l'excessive facilité qu'on a de glisser à sa surface, ce qui ne permet pas de l'employer dans les rues de plus de 1/60 d'inclinaison. Mais on remédie à cet inconvénient en entretenant ce pavé bien propre et en y semant du sable au besoin. On pourrait encore, d'après le Dr Manfredi, comprimer l'asphalte pendant qu'il est chaud avec un pilon dont la face inférieure aurait la forme d'un losange.

On lui a reproché également de se fendiller l'hiver et de se ramollir l'été au moins dans ses couches supérieures. Toutefois, des expériences faites à Londres par Haywood et O. Whigt, il semble plutôt ressortir que ces défauts sont attribuables à la mauvaise qualité des matières employées ou à la mauvaise exécution des travaux. Enfin, suivant l'avis de M. Oslet, chef des travaux graphiques à l'Ecole centrale (1), on ne doit couler l'asphalte que sur des bétons bien secs, sans quoi la chaleur du mastic met en vapeur l'eau nécessaire à la prise complète du mortier, et cette vapeur produit, en traversant la couche de mastic, des boursoflures et des cavités nuisibles à la bonne façon du travail.

Au point de vue qui nous concerne, l'asphalte répond parfaitement à toutes les exigences de l'hygiène. D'abord, les rues ne produisent par elles-mêmes ni boues, ni poussières, ensuite, on peut facilement enlever toutes les ordures qui viennent y tomber. L'imperméabilité est parfaite et le sol est garanti de toute contamination à sa partie supérieure.

M. Pellgrini a procédé en effet à des recherches sur l'asphalte à l'Institut d'hygiène de l'Université de la ville de Pise (2) au point de vue de l'imperméabilité et de la diffusion des micro-organismes.

Pour l'imperméabilité, en plongeant pendant vingt-quatre heures dans l'eau des morceaux d'as-

(1) *Cours de construction*, par G. Oslet.

(2) « *Rivista d'igiene et sanità pubblica* ».

phalte, il constata que 100 grammes d'asphalte comprimé n'avaient absorbé, durant ce temps, que 5 à 6 grammes d'eau, alors que d'autres matériaux à pavage et, parmi eux, le bois, en avaient absorbé jusqu'à 20 et 25 grammes. M. Pellgrini confirma ses recherches sur l'imperméabilité à l'eau par d'autres, sur la porosité à l'air, à l'aide du temps qu'une colonne de mercure de 760 millimètres met à s'abaisser, quand l'extrémité supérieure du tube est ajustée sur des plaques d'asphalte de différentes épaisseurs et de 60 centimètres carrés de surface. Ce procédé lui permit d'affirmer que la porosité à l'air était insignifiante.

Enfin, au point de vue de la diffusion, des micro-organismes dans l'asphalte, l'auteur italien plongeait une des faces du solide dans une culture de germes facilement reconnaissables (collibacilles). Puis, au bout de quelque temps, il prélevait et semait sur des tubes de culture des particules de poussières grattées à la surface du morceau, puis à 1, 2, 3, 4 centimètres de profondeur. Par ces expériences, il put s'assurer que l'asphalte était presque imperméable aux germes, puisqu'à 3 centimètres il n'en trouvait plus trace.

La porosité de l'asphalte est donc nulle. En outre, l'absence totale de bruit, la facilité et la rapidité avec lesquelles s'exécutent les réparations et les raccords, les commodités offertes aux voitures et aux chevaux sont autant d'avantages qui font de ce pavage le type hygiénique par excellence. C'est du moins ce qu'ont proclamé les ingénieurs allemands au Congrès de Francfort, et M. Pellgrini, de son côté, fort de ses expériences,

appelle l'enduit d'asphalte « le Revêtement idéal de l'avenir ».

ARTICLE 3

Pavage en bois

Les premiers essais de pavage en bois datent d'une cinquantaine d'années, mais on employait alors le bois à son état naturel, et sous différentes manières d'assemblage et d'enchevêtrement des blocs qui n'empêchaient ni la contamination du sol, ni la pourriture du bois lui-même. Ils furent rapidement abandonnés, sauf dans quelques villes, et on en était revenu à l'emploi des autres matériaux, lorsque, vers 1880, la question fut reprise. On songea d'abord à empêcher la pourriture du bois en l'imprégnant de différentes matières, et principalement de goudron de gaz, ou encore, suivant le procédé du Dr Boucherie, de sulfate de cuivre. On s'appliqua ensuite à établir les pavés de bois sur de bonnes fondations de ciment. Voici comment on opère aujourd'hui. On fait sur un sol bien dressé une fondation de 15 à 20 centimètres d'un béton composé d'une partie de ciment de Portland, et de sept d'un mélange comprenant $\frac{1}{3}$ de sable pour $\frac{2}{3}$ de cailloux. On dame la fondation à la pelle, on lisse la surface, puis on la règle à la cerce au moyen d'un enduit de mortier fin de ciment de Portland. Le bombement est de $\frac{1}{60}$ de la largeur de la chaussée. Trois ou quatre jours après, on pose debout des pavés en

bois résineux de 0 m. 08 de large, 0 m. 22 de long et de 0 m. 15 de haut.

En Angleterre, on emploie de préférence le sapin rouge de Suède, tandis qu'en France le pavage en bois est effectué avec le sapin du nord ou pin sylvestre, avec le pin des Landes ou pin maritime et avec le pitchpin. Dans les villes d'Australie, on emploie le bois de divers eucalyptus, et surtout de l'eucalyptus microcarys. D'après le *Gesundheits Ingenieur* (1), ces eucalyptus sont aussi résistants que le porphyre le plus dur; ils supportent 1.200 à 1.500 kilogs par centimètre cube et ne s'usent pour ainsi dire pas : en onze ans, des blocs de ce bois placés dans le pavage d'une rue des plus fréquentées n'avaient pas perdu 3 millimètres. Ces bois sont résineux et cette résine les rend imperméables à l'humidité. Ce mode de revêtement a été essayé avec succès à Londres et en Amérique; des essais ont eu lieu également à Leipzig, mais son prix de revient est très élevé, et on ne l'a pas adopté.

Quel que soit le bois employé, on trempe les pavés pendant vingt minutes dans une composition chaude de coaltar, de craie argileuse et de créosote pour les empêcher de pourrir. On les pose ensuite en rangées perpendiculaires à l'axe de la chaussée et très rectilignes, en laissant toutefois vers la bordure des trottoirs un espace libre de 3 à 4 centimètres, que l'on remplit de glaise plastique ou de sable pour faciliter

(1) *Gesundheits Ingenieur*, 31 mars 1897.

la dilatation. Les joints sont remplis : 1° sur les 2 ou 3 centimètres du fond, au moyen d'un mélange de coaltar et de créosote coulé à chaud ; 2° sur le surplus de la hauteur, au moyen d'un coulis de mortier de sable fin et de ciment de Portland. Souvent même on garnit toute la hauteur disjointe en mortier de ciment liquide. Les pavés en bois ainsi placés doivent être remplacés tous les cinq ou sept ans.

Les rues du Dragon et la place Saint-Michel, à Paris, furent le théâtre de ces nouveaux essais que Londres avait déjà depuis longtemps pratiqués. Mais ces tentatives ne donnèrent pas les résultats satisfaisants annoncés, et les critiques affluèrent. On prétendit que le revêtement des blocs de bois disparaît avec le temps, et qu'il se forme alors dans l'épaisseur des foyers de putréfaction, que révèlent les mauvaises odeurs qui s'en exhalent. En outre, le revêtement protecteur disparu, le bois absorberait l'eau et se gonflerait, d'où déformation de la rue et apparition de bosses et de cavités propices à la stagnation et à l'infiltration des eaux. Depuis plusieurs années, la question du pavage en bois, au point de vue de l'hygiène publique, a été longuement controversée, et on a du mal encore à se reconnaître dans le fouillis des arguments pour et contre.

Le grand défenseur du pavage en bois a été M. Petsche (1), ingénieur des Ponts et chaussées et de la Ville de Paris, qui conclut à la nullité des arguments

(1) *Génie sanitaire*, mars 1896.

invoqués par les hygiénistes contre ce mode de revêtement du sol. Il nie la production d'une fine poussière composée de fibres pulvérisées et qui pénètre dans les voies respiratoires. Comment, dit l'auteur, le pavage en bois, donnerait-il, plus de poussières dangereuses que le macadam, que le pavage même en pierres, étant donné qu'il ne s'use que de 2 à 3 millimètres par an, même dans les voies les plus fréquentées? Au point de vue de la pénétration des liquides par les joints, M. Petsche indique que le serrage des pavés sous l'action de l'humidité, rend les joints imperméables, et qu'à Paris tout au moins, on n'a jamais, lors du démontage des chaussées, trouvé ni la forme du béton souillée, ni les joints imprégnés de matières organiques. Reste l'argument de l'absorption des liquides par le bois lui-même, et sa propre tendance à la décomposition. A cela, l'ingénieur répond encore qu'à Sydney M^e Mac Garcie, bactériologiste, a constaté que des cultures faites avec du bois de pavage ayant onze ans de pose, ne révélaient aucun organisme pathogène, et que leurs inoculations n'avaient pas tué des cobayes.

Toutefois M. Miquel, en 1895 (1), procéda à des essais minutieux sur cette question, et trouva, à l'examen micrographique, 47.000 bactéries par gramme de sciure d'un pavé neuf en pitchpin, premier choix, et pris à la surface. Dans la profondeur, cependant, les nombres furent beaucoup plus faibles (150 à 1.000 bac-

(1) *Revue d'hygiène*, 1896.

téries à 3 centimètres), et M. Miquel en déduisit que les chaussées de bois n'étaient que fort peu perméables aux microbes. Mais de plus récentes expériences furent pratiquées par deux savants lyonnais, MM. Rodet et Nicolas (1), et ces auteurs trouvèrent le chiffre considérable de 50.000 bactéries par gramme de sciure prise à 5 centimètres du sol. Enfin M. Miquel lui-même, dans d'autres expériences, constata à la surface des vieux pavés 45.000.000 de bactéries et 42.000 à 3 centimètres de profondeur.

Nous nous sommes livrés nous-mêmes, sous la haute direction de M. G. Roux, en son Laboratoire du Bureau d'hygiène de la rue du Bât-d'Argent, à des recherches bactérioscopiques, sur un fragment de pavé de bois pris un jour de réparations sur le pont Morand (5 juin 1901). Voici le procédé de nos opérations : nous avons découpé au centre de notre fragment trois petits cubes de bois d'environ 2 centimètres de long sur 5 millimètres de large, et après les avoir préalablement bien nettoyés et flambés à la surface, nous les avons plongés dans des tubes (1.2.3) contenant chacun 9 centimètres cubes d'eau stérilisée. Le tout fut placé pendant trois jours à la glacière. Le 8 juin, nous avonsensemencé deux tubes de gélatine avec un demi-centimètre cube chacun de la liqueur fournie par le premier morceau de bois. Craignant une trop grande pollution bactérienne, nous avons fait une liqueur au 1/10 en prenant un centimètre

(1) *Lyon Médical*, 1896.

cube du liquide donné par le second morceau de bois, et en y ajoutant 9 centimètres cubes d'eau stérilisée, et nous avons obtenu de même une autre liqueur au 1/10 avec le liquide du troisième cube de bois. Nous avons alors ensemencé quatre tubes de gélatine dont deux avec un demi-centimètre cube chacun de la première liqueur au 1/10, et deux autres avec un demi-centimètre cube chacun de la seconde liqueur au 1/10. Les tubes de gélatine furent tous placés quarante-huit heures à la glacière, et nous avons pu, le 10 juin, constater les résultats suivants :

1^{er} cube de bois.

Liqueur n° 1 à 0 : 126 colonies dont 1 liquéfiante, 0 moisissure

— n° 2 à 0 : 150 — — 0 — 0 —

2^e cube de bois.

Liq. n° 1 au 1/10 : 77 colonies dont 4 liquéfiantes, 0 moisissure

— n° 2 au 1/10 : 74 — — 3 — 0 —

3^e cube de bois.

Liq. nos 1 et 2 au 1/10 : 35 colonies dont 0 liquéf., 0 moisissure

Une autre numération faite par M. G. Roux le 12 juin donna les chiffres suivants :

1^{er} cube de bois.

Liqueur à 0 : 8.000 bactéries dont 50 liquéfiantes

2^e cube de bois.

Liqueur à 1/10 : 2.540 bactéries dont 200 liquéfiantes

3^e cube de bois.

Liqueur à 1/10 : 142 bactéries dont 0 liquéfiante

Cette absence de moisissures dans nos expériences est assez remarquable. Mais on voit que les colonies

sont nombreuses, d'autant plus que nos chiffres doivent être tous doublés, puisque nous n'avons opéré qu'avec des demi-centimètres cubes.

Tous ces résultats sont loin d'être conformes à ceux trouvés par M. Mac Garcie à Sydney.

Dans un autre ordre d'idées, nous citerons le Dr Saunders de Londres, qui attribua aux microbes transportés par la poussière du pavé de bois la fréquence des maladies d'yeux (conjonctivites et kératites) qu'il a observées dans cette ville, et qui regarde le bois comme le plus détestable des revêtements du sol. Le *Gesuntheits-Ingenieur*, à qui ce renseignement est emprunté, pense plutôt que les vapeurs d'ammoniaque dégagées de l'urine qui se putréfie dans les pavés de bois, est la cause réelle de ces accidents.

Un autre auteur anglais (Winter Blyth) dans le *Brit. med. Journal* (1) s'est occupé spécialement, en 1895, des mauvaises odeurs qui se dégagent des vieux pavés de bois, et il a cherché à savoir si ces odeurs provenaient de la surface ou du pavé lui-même. Dans ce but, il a déterminé la quantité d'ammoniaque qu'on pouvait obtenir d'une tranche de la surface des blocs, d'une tranche du milieu et d'une tranche de la partie la plus profonde, et il a remarqué que la quantité d'ammoniaque allait toujours en croissant de la surface vers la profondeur. Il explique ces résultats par la pénétration de l'eau à travers les interstices des vieux pavés, eau qui va s'arrêter et croupir dans la

(1) *Brit. med. Journal*, août 1895.

couche imperméable qui sert de support aux blocs de bois, saturant ceux-ci d'ammoniaque dans leur partie profonde.

Les *Annales de l'Institut d'hygiène de Bruxelles* (1) publient également un mémoire de M. Polak, de Varsovie, sur le pavage en bois. Cet auteur a examiné, au laboratoire d'hygiène de cette Université, des pavages en bois servant depuis quatre ans dans une rue de Varsovie. Il prélevait la sciure de la surface, puis il prélevait d'autres échantillons dans la profondeur. Il a trouvé à la surface 650.000 bactéries; à 1 centimètre 220.000; à 2 centimètres 12.100. M. Polak a en outre cherché une autre mesure de la souillure du sol, il a pris comme critérium la proportion de gaz ammoniaque contenue dans les couches inférieures de l'air de la rue au-dessus du pavage en bois et au-dessus de l'asphalte. Il a constaté dans ces expériences, au-dessus de l'asphalte, une quantité d'ammoniaque supérieure à celle trouvée au-dessus du bois; d'où il conclut que le bois absorbe davantage. Pour lui, du reste, le pavage en bois serait très défavorable à la santé publique.

De son côté, le *Progrès médical* de 1896 constate les inconvénients du revêtement de bois, et déplore, au point de vue de l'hygiène, l'usage de plus en plus fréquent qu'en font les municipalités des grandes villes. Il cite un cas où il a été constaté que les réparations pratiquées sur ce pavage avaient manifestement déter-

(1) *Annales de l'Institut d'hygiène de Bruxelles*, 1898.

miné des maladies chez les ouvriers qui en avaient été chargés. Il conclut en condamnant la pratique de ce mode de revêtement et constate que les américains, toujours plus pratiques, l'ont délaissé depuis plus de vingt ans pour le remplacer par l'asphalte.

Enfin, nous terminons cette trop longue étude sur le pavage en bois par un extrait du mémoire de J. Olah (1) au Congrès international d'hygiène et de démographie de Buda-Pesth. « Le pavé de bois, dit cet auteur, est le pavé le plus antihygiénique. Il consiste tout entier en une matière organique qui pourrit d'autant mieux qu'elle est plus mouillée. Or, l'humidité constante est nécessaire à la solidité de ce pavé; quand il ne pleut pas, il faut largement arroser deux ou trois fois par jour les cubes de bois, autrement ils perdraient leur élasticité, et leurs bords se briseraient. Le résultat de cette humidité constante est la putréfaction. Ce n'est pas tout : les ordures animales déposées sur ce pavé s'enfoncent dans les cubes de bois, s'y infiltrent, s'y pourrissent et y développent une constante puanteur. »

Nous voilà loin de l'opinion optimiste de M. Petsche.

ARTICLE 4

Pavage en pierre.

Il faut distinguer le pavage en cubes de pierre et le pavage en dalles.

Le pavage en cubes de pierre enfoncés dans une

(1) Cité par les *Annales d'hygiène*, de 1894.

couche de sable fin, et, comme à l'ordinaire, reposant sur cette simple couche de terre battue, est, on le comprend, un des plus défavorables au point de vue hygiénique. Les dimensions des pavés sont le plus souvent de 16 centimètres de haut avec une longueur égale à une fois et demie leur largeur. Après les avoir juxtaposés les uns contre les autres, on les consolide par un battage, et l'on répand sur le revêtement ainsi formé une couche de sable épaisse de 0,01 à 0,02. Beaucoup de poussières, beaucoup d'ordures, beaucoup de bruit, contamination facile du sol, grandes difficultés de nettoyage, voilà les principaux défauts de cette pratique énumérés par le Dr Manfredi dans ses travaux (1). En outre, les chaussées ainsi pavées, par suite de l'insuffisance de leurs fondations s'altèrent et se défoncent rapidement.

Nous condamnerons également comme ne remplissant aucune des conditions hygiéniques, le pavage en cailloux roulés qu'on répand sur la terre et qu'on enfonce ensuite dans le sol, tel qu'il se pratique encore dans quelques villes, Lyon entre autres (presque toutes les rues de la Guillotière). Le seul avantage de cette pratique est son prix de revient très faible, mais les rues ainsi recouvertes sont absolument inabordables aux piétons.

Dalles de pierre. — Le pavage en dalles de pierre se fait avec des matières diverses et de préférence

(1) Déjà cité.

avec les plus dures : lave, basalte, granit, porphyre. Les plus employées sont le granit des Vosges, la quartzite de l'ouest, l'arkose d'Autun, le porphyre de Kénant (Belgique). Ce type de pavage est très variable selon le mode de construction des chaussées des rues et la nature du ciment employé. On peut, sous ce rapport, distinguer deux systèmes :

1° Sol de la rue imperméable et ciment hydraulique.

— Dans ce système on donne pour substratum aux blocs de pierre une couche de béton ou de ciment haute de 15 à 20 centimètres. Entre cette couche et les pierres, il est utile de mettre une couche de sable épaisse de 4 à 5 centimètres pour atténuer la sonorité qui serait assez forte autrement. Les interstices des pierres sont remplies de ciment hydraulique qui se prend lentement, ou d'un mélange de goudron et d'asphalte un peu liquéfié. Ce pavage ainsi établi, bien qu'il ne réponde pas exactement aux exigences de l'hygiène, est toutefois, tout à fait imperméable ; il a en outre assez de résistance, ne se déforme pas et ne s'use pas promptement. D'autre part, le béton qui sert de support et le mélange qui remplit les interstices, contribuent à diminuer la production des immondices et rend plus facile le nettoyage des rues.

2° Sol de la rue perméable et ciment commun. —

On emploie comme substratum en ce cas une couche de sable ou de pierrailles, que l'on comprime avec des cylindres, ou qu'on humecte simplement pour la

rendre plus compacte. On pose les dalles et on remplit les interstices.

Cette façon de procéder n'a pas de valeur hygiénique.

ARTICLE 5

Pavage en grès

L'étude du pavage en grès aurait dû régulièrement rentrer dans notre article sur le pavage en pierre, mais le grès est une pierre si spéciale, l'industrie s'en est tellement occupée dans ces derniers temps (produits céramiques), que nous avons cru utile de l'en distraire. Nous distinguerons le revêtement en grès naturel et le revêtement en grès cérame.

Pavage en grès naturel. — Le grès est une roche entièrement formée de grains de silex ou de quartz plus ou moins gros et agglomérés qu'on trouve en bancs continus et en grosses masses isolées au milieu d'un sablon fin et mobile. Suivant la nature du ciment qui a servi à agglutiner les grains, on distingue le grès siliceux, le grès calcaire et le grès argileux. Le premier est le plus résistant. On se sert pour le pavage des grès durs des vallées de l'Yvette, de la Juine et de l'Essonne, d'Epernon, qui sont plus solides et moins poreux que le granit. Le revêtement des rues se fait avec des cubes parallélipédiques, ayant les mêmes dimensions que les cubes de pierre ordinaire, mais la

valeur hygiénique de ce pavage diffère notablement suivant qu'on lui donne comme *substratum*, une simple couche de terre battue ou un béton.

Nous pourrions répéter à propos de la première pratique, telle qu'on la fait en ce moment par exemple sur certains points de Lyon (cours Gambetta, à la hauteur du pont de la Guillotière) les inconvénients signalés plus haut par le Dr Manfredi sur le pavage en pierre. Seul le type sur béton peut, dans une certaine mesure, répondre aux exigences sanitaires.

Pavage en grès cérame. — Le grès cérame est une terre cuite obtenue de toutes pièces par l'industrie en chauffant dans des fours à 1.400 ou 1.450 degrés centigrades, des argiles plastiques contenant des traces d'alcali (potasse et soude), et une légère quantité de fer. On emploie pour le revêtement des voies publiques des cubes de 20 à 25 centimètres de côté, plaqués sur béton et liés au mortier à prise demi-lente. Une fois la pose terminée, un coulage superficiel au ciment liquide est nécessaire pour combler les interstices.

Ce mode de pavage semble jusqu'ici répondre à tous les desiderata de l'hygiène. Sa résistance et sa dureté sont parfaites, s'il faut en croire les ingénieurs. D'autre part, des expériences entreprises par l'Ecole nationale des Ponts et chaussées sur les échantillons des diverses fabriques ont montré qu'ils subissaient très bien les conditions atmosphériques et qu'ils étaient très imperméables à l'humidité. Enfin, le nettoyage serait des plus faciles. Des essais de ce pavage ont été faits à

Paris et ont paru satisfaisants, mais une longue pratique manque encore pour qu'on puisse se faire une idée exacte de sa valeur.

ARTICLE 6

Autres types de pavage moins employés.

Nous parlerons ici du verre, du caoutchouc, du liège et de la technolithe.

Verre. Réaumur, en 1727 (1), étudiait sous le nom de pierre de verre, une substance obtenue en comprimant fortement du verre ramené à l'état pâteux par la chaleur. Le verre subit ainsi une transformation qui lui fait perdre sa transparence, augmente les limites de sa dureté, de sa fusibilité et de sa résistance aux chocs. Dans plusieurs verreries de France (Carmaux, Lyon, Pont-Saint-Esprit, Creil) on a commencé à fabriquer ce produit avec lequel on a fait des essais de pavage à Genève et à Nice, dont il sera intéressant de suivre les résultats. Ailleurs, on l'a surtout employé sur les à-côtés de la chaussée, où il sert à éclairer les sous-sols sous les passages fréquentés par les voitures. Mais si nous en jugeons par les quelques cas de ce dernier type que nous avons pu

(1) *Rivista d'igiene e sanità pubblica.*

examiner, ce mode de pavage n'a pas de valeur hygiénique : le verre, en effet, ne tarde pas à s'effriter en présentant des inégalités où s'accumulent toutes les poussières de la rue.

Caoutchouc(1). — Un industriel allemand, de Linder, a introduit dans la ville de Hanovre le pavage en caoutchouc. Deux rues, représentant environ 2.500 mètres carrés, ont servi à un premier essai qui a été très heureux, et qui a été imité à Berlin, puis à Hambourg. Ce nouveau pavage réunit, s'il faut en croire l'industriel qui l'a lancé, l'élasticité du caoutchouc à la résistance du granit. Il est moins glissant que l'asphalte, évite les bruits insupportables des voitures, résiste parfaitement à la gelée et au soleil. Pour le pavage des ponts, il a l'avantage d'être léger et d'éviter les vibrations. On ne dit malheureusement ce qu'il coûte et le prix de revient, en la matière, est un élément d'appréciation de premier ordre.

Liège (2). — Cet essai de pavage en liège a été préconisé vers 1893 par le *The Sanitary Record*, mais on l'a presque complètement oublié depuis. Ce pavage serait un mélange de liège en poudre grossière et de composés bitumineux. D'après l'auteur, il ne donnerait ni boue, ni poussière, ni bruit, ni cahot. Au point de vue hygiénique : pas de poussières retenues, pas

(1) *The Sanitary Record*, 1892.

(2) *Revue d'hygiène*, 1890.

d'humidité persistante. Somme toute, l'idée peut être bonne, mais elle n'a pas été reprise, et il manque, pour porter un jugement, l'expérience prolongée qui, seule, peut faire connaître les avantages et les inconvénients de cette pratique.

Technolithe. — En terminant cette étude sur les différents modes de revêtement du sol, nous devons dire quelques mots, pour être complet, d'un nouveau pavage, le pavage à la technolithe proposé en 1899 par le *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils de France* (1). Cet organe décrit sous ce nom une pierre artificielle qui est employée depuis deux ans pour le pavage d'une des rues principales de Berlin (Postdamstrasse). On l'obtient à l'aide d'un mélange de 500 kilogrammes de goudron de houille et de 10 à 40 kilogrammes de soufre, suivant le degré de dureté qu'on veut atteindre. On chauffe. A la masse pâteuse, ainsi obtenue, on ajoute 12 kilogrammes de chlorure de chaux tamisé. Le produit refroidi est moulu, puis cette poudre est comprimée sous pression hydraulique de 200 atmosphères. On en forme des pavés dont le poids spécifique est de 2 kg. 20, la résistance à l'écrasement de 143 kilogrammes par centimètre carré, très résistant à l'usure, aux variations atmosphériques. Enfin, au point de vue de l'hygiène, il serait absolument imperméable et facilement nettoyable. Son prix de revient serait de 20 à 30 0/0 inférieur à celui de

(1) Cité par la *Revue d'hygiène*, 1899.

l'asphalte. Mais l'exemple de Berlin n'a pas été suivi en France et il serait désirable qu'on répète les essais, qu'on étudie de plus près la question, car le *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils* en fait un grand éloge.

Tous ces modes de pavage, nous le voyons, sont encore à l'état d'ébauche, et nous répétons que, pour porter un jugement définitif, il faut attendre qu'ils aient été soumis à une plus longue pratique.

CHAPITRE III

Les Pavages au point de vue économique

Nous avons étudié jusqu'ici les différents modes de revêtement des voies publiques et leur valeur hygiénique. Mais s'il est regrettable que, dans cette question du pavage, les voiries des grandes villes délaissent le plus souvent le côté sanitaire, pour ne s'occuper que du côté purement économique et pratique, il serait irrationnel également, sous prétexte de salubrité, d'exiger des municipalités des travaux hors de proportion avec leurs ressources.

Pour les Ponts et chaussées, en effet, le meilleur revêtement du sol est celui qui est le plus dur, qui coûte le moins cher, et qui n'exige pas de trop fréquentes réparations. Il nous est donc impossible de

passer sous silence le point de vue économique de ce sujet, car c'est un élément d'appréciation de trop grande importance. Notre troisième chapitre va y être consacré, et après, seulement, nous serons à même de conclure en faveur du produit qui répondra à la fois aux exigences de l'hygiène et aux desiderata de la voirie. Dans un premier article, nous étudierons le degré de résistance des différents pavages aux chocs, aux pressions, aux conditions atmosphériques, et dans un second, nous traiterons de leur prix de revient.

ARTICLE PREMIER

Résistance.

Nous n'aurons en vue ici que les matériaux le plus souvent employés : la pierre, le grès, le bois et l'asphalte. Ces renseignements ont été puisés pour la plupart dans le *Cours de Construction* de M. Oslet, chef des travaux graphiques à l'Ecole Centrale (1).

Pierres. — Dans la pratique, les pierres peuvent être considérées comme incompressibles, mais, sous une charge suffisante, les plus dures se divisent tout à coup en lames ou aiguilles de faible résistance. En

(1) Déjà cité.

outre, il est plus facile d'écraser plusieurs pierres superposées qu'un seul bloc de même forme, de mêmes dimensions et de même nature que l'ensemble. Ci-joint un tableau (1) indiquant les résistances des principales pierres à pavage, déterminé par M. Michelot, ingénieur des Ponts et chaussées, à l'aide d'une machine construite par lui à cet effet.

DÉSIGNATION DES MATÉRIAUX	POIDS du mètre cube	RÉSISTANCE par centimèt. carré
Grès vosgien de Ribeauville.....	2.096	401
Granit de Sevrance	2.685	980
Porphyre de Ternay	2.845	1.363
Pierre dure de Grénant	2.467	859

Ce tableau ne nous indique que le degré de résistance à l'écrasement. Mais une autre machine très ingénieuse, imaginée par M. Muller nous permet aussi de nous faire une idée de l'usure que peuvent subir certains matériaux par le frottement, et, dans la question qui nous occupe, le frottement est de grosse importance. Le tableau suivant (2) nous donne des renseignements à ce sujet.

MATIÈRES EXPÉRIMENTÉES	COEFFICIENT de dureté La matière inusable étant représentée par le n° 0
Quartzite.....	41
Granit	31
Lave de Volvic	106
Grès	55

(1) Cité dans le *Cours de Construction*, de G. Oslet.

(2) Cité par G. Oslet, *Cours de Construction*.

Ajoutons enfin, pour terminer ce qui a trait aux pierres, que les matériaux à pavage de cette espèce semblent suffisamment résister aux conditions atmosphériques (gelée, chaleur, humidité).

Grès. — Nous ne parlerons ici que du grès cérame, le grès naturel ayant été précédemment étudié au point de vue de sa résistance avec les pierres en général. Des expériences entreprises à l'Ecole nationale des Ponts et chaussées ont montré que des échantillons de grès cérame, soumis à l'action d'une presse hydraulique, n'étaient écrasés que par des charges variant de 600 à 800 kilos par centimètre carré. Ces mêmes pavés, dans des essais de rupture par arrachement, résistèrent à des tractions variant de 60 à 70 kilos, pour 1 centimètre carré de surface portante. Enfin ils supportèrent facilement des essais de gelivité, de perméabilité et de résistance aux acides. Nous ajouterons que M. Muller, avec sa machine, a trouvé le chiffre 51 comme coefficient de résistance à l'usure du grès cérame.

Bois. — Les bois suivant leur essence et leur provenance, présentent des résistances à l'écrasement qui varient dans des limites très étendues, du simple au double environ. Des bois de sapin et de chêne ont donné jusqu'à 500 kilos, et même plus, pour la charge d'écrasement par centimètre carré, tandis que des bois médiocres peuvent faire descendre ce chiffre à 200 kilos, et au-dessous (expériences d'Hodgkinson et de Rondelet, citées par M. Oslet).

Nous avons vu plus haut, au deuxième chapitre, la résistance des eucalyptus employés en Australie pour le revêtement des rues. Il est regrettable que des expériences à l'usage Muller n'aient pas été faites avec des pavés en bois.

Quant à la résistance du bois aux conditions atmosphériques, tout le monde est d'accord pour reconnaître qu'il s'altère énormément à l'humidité et à la chaleur. La pluie le pénètre peu à peu, et tôt ou tard il tombe en pourriture, malgré son revêtement de créosote. Quant aux températures élevées, elles le font éclater par dilatation, si l'on n'a pas eu soin de laisser un espace suffisant vers la bordure des trottoirs. On n'a, pour se rendre compte de ces faits, qu'à assister aux réparations si fréquentes sur le pavage en bois.

Asphalte. — La résistance de l'asphalte à l'écrasement n'a pas été nettement déterminée. Si nous en croyons un prospectus d'une usine d'asphalte comprimé que nous avons sous les yeux, un morceau de ce produit, aux dimensions de $10 \times 10 \times 5$ n'aurait succombé qu'au chiffre de 8.500 kilogrammes à l'écrasement, dans des expériences de l'Ecole nationale des Ponts et chaussées, faites sous la direction de M. Durand-Claye, ingénieur en chef. De son côté, M. Oslet (1) affirme qu'en donnant aux pavage bitumeux l'épaisseur suffisante, on peut lui faire supporter des charges énormes. Enfin, nous avons déjà dit que l'asphalte

(1) Déjà cité.

résiste très bien aux conditions atmosphériques, et que les critiques faites à ce sujet tiennent seulement à la mauvaise qualité des matières employées, ou à la mauvaise exécution des travaux.

ARTICLE 2

Prix de revient.

Nous ferons, dès le début, remarquer que nous ne donnerons ici que des moyennes. Les prix des divers matériaux de revêtement sont, en effet, trop variables suivant leur provenance ou leur marque de fabrique, pour qu'on puisse à ce sujet se faire autre chose qu'une idée générale.

Et d'abord, nous distinguerons les pavages sur béton, et les pavages sur terre battue simplement. Les premiers reviennent évidemment plus cher aux voiries des grandes villes, et M. l'Ingénieur du service municipal de Lyon, qui a bien voulu mettre sous nos yeux le cahier des charges, nous a déclaré que le prix d'un béton revenait à la ville de 12 à 16 francs le mètre cube, suivant qu'on employait de la chaux ou du mortier, ou suivant qu'on appliquait la fondation en coteau ou en plaine. Le béton en ciment de Portland revient même à 28 et 30 francs le mètre cube.

Ceci dit, nous donnerons un tableau comparatif des prix de revient des différents pavages de Lyon, tableau qui nous a été très gracieusement donné par M. l'Ingénieur des voies publiques du service municipal de la rue Bellecordière.

DÉSIGNATION des matériaux	DÉTAIL DES DÉPENSES au mètre carré	PRIX de revient total au mètre carré
Pavés de bois de 0.40	Main-d'œuvre..... 1.26 Béton de ciment de 0.15 4 » Pavés de 0.40..... 12.50 Garnissage et Gravelage 1.50	19.26
Pavés de bois de 0.45	Main-d'œuvre..... 1.26 Béton de ciment de 0.15 4 » Pavés de 0.45..... 14.50 Garnissage et Gravelage 1.50	21.26
Pavés en cubes de grès	Main-d'œuvre..... 1.26 Pavés de grès..... 12.60	13.86
Pavés en cubes de granit	Main-d'œuvre..... 1.26 Pavés de granit... 10.90	12.16
Pavés en demi-échantillons de grès	Main-d'œuvre..... 1.26 Pavés..... 9.75	11.01
Pavés en demi-échantillons de granit	Main-d'œuvre..... 1.26 Pavés..... 8.06	9.31
Pavage en cailloux épinés	Main-d'œuvre..... 1.26 Pavés..... 5.30	6.56
Pavage en cailloux roulés	Main-d'œuvre..... 0.84 Cailloux..... 2.30	3.14
Pavage en cailloux étêtés	Main-d'œuvre..... 0.84 Cailloux..... 3 »	3.84
Chaussées d'empierrement	Main-d'œuvre..... 0.64 Cailloux..... 2.95 Cylindrage 0.30	3.89
Asphalte comprimé	Main-d'œuvre..... 0.64 Béton de ciment.. 4 » Asphalte comprimé 9 »	13.64
Asphalte coulé	Main-d'œuvre..... 0.48 Béton de chaux... 1.40 Asphalte coulé.... 9.80	11.68

Enfin, pour terminer cette étude sur le point de vue économique de notre sujet, nous donnerons ci-après un autre tableau indiquant la dépense d'entretien des chaussées de Lyon.

DÉSIGNATION DES CHAUSSÉES	DÉPENSE	SURFACE totale au mètre carré	PRIX d'entretien du mètre carré
Chaussées en pavés de bois, de grès ou de granit.....	81.775	428.629	0.49
Chaussées en cailloux roulés	86.469	660.074	0.13
Chaussées empierrées.....	97.333	278.095	0.35

Les chaussées en asphalte comprimé manquent malheureusement ici. Nous savons toutefois, d'après les renseignements que nous a donnés la voirie, que l'entretien des trottoirs en asphalte coulé coûte en moyenne 19 centimes le mètre carré.

CHAPITRE IV

Étude critique sur le pavage

Nous nous efforcerons ici de faire ressortir les observations qui semblent découler des quelques faits que nous avons pu réunir au cours de ce modeste travail.

Tout le monde est d'accord pour reconnaître la nécessité du pavage, au point de vue de l'hygiène publique. Nous connaissons toutes les causes d'infection du sol, causes extérieures et intérieures à la fois, et nous pouvons prévoir que plus une cité sera grande et populeuse, plus augmenteront les causes de souillures de ses voies publiques. Les faits rapportés par Manfredi, Uffelmann, Du Mesnil, Fodor, Buchanan, nous ont montré l'obligation qu'il y a d'éviter aux habitants la contamination de la rue. Seul, un revête-

ment, à la fois imperméable et solide, remplira ce but, d'abord en permettant un nettoyage plus facile des chaussées, ensuite en s'opposant à l'imprégnation du sol par des matières nocives à la santé publique.

Mais quel revêtement employer parmi les nombreux matériaux proposés jusqu'ici? C'est là qu'apparaissent les divergences des auteurs. Cette question du choix du pavage, en effet, a passionné dans ces dernières années tous les hygiénistes et les ingénieurs des Ponts et chaussées, dans le domaine de la science spéciale à chacun. Nous tâcherons, pour notre part, d'allier ici dans la mesure du possible le côté hygiénique et le côté pratique.

Nous condamnerons, au nom de la salubrité, le macadam et le pavage en pierres roulées, tel qu'il se pratique dans quelques villes de France, Avignon, Lyon (rues perpendiculaires à la rue de Marseille). S'ils sont favorables à la circulation des voitures, ils ne répondent, en effet, par contre, à aucune des exigences sanitaires.

Le pavage de pierres ordinaires en cubes parallélépipédiques de grès, de lave, de basalte, de porphyre reposant sur une simple couche de terre battue est encore très employé. Il n'a pour lui que l'avantage du bon marché; encore ce bon marché est-il relatif, comme on peut s'en rendre compte dans nos tableaux précédents, et les inconvénients de cette pratique, au point de vue qui nous concerne, ont été bien décrits par le Dr Manfredi, dans son *Mémoire sur les rues de Naples*. Seul le type sur béton avec ciment, comme substance unissante, paraît répondre aux desiderata de l'hygiène,

mais son prix de revient est alors très élevé et on ne l'a employé jusqu'ici que pour les trottoirs.

Le pavage en bois est de plus en plus prôné par les voiries, à Paris principalement, on ne sait trop pourquoi. Nous le condamnerons également malgré le chaud plaidoyer de M. Petsche, en sa faveur. Il ne satisfait, croyons-nous, à aucune des conditions de salubrité publique, et les expériences de Miquel, Rodet et Nicolas d'une part, les faits rapportés par Saunders, Blyth, Polak et O. Jalah d'autre part, viennent en effet corroborer notre opinion. Ce revêtement n'a même pas le bon marché et la solidité pour lui. Son prix de revient est considérable; sa résistance à l'usure, à l'écrasement, aux conditions atmosphériques est inférieure à celle des autres matériaux, et nous terminerons, comme le *Progrès médical* en 1896, en regrettant les dépenses énormes faites par les voiries des grandes villes pour un mode de pavage qui n'est pas solide, qui coûte cher, et qui est des plus déplorables, en fait de salubrité.

Les essais de grès cérame sont encore peu nombreux. Les expériences entreprises à leur sujet sont pourtant favorables, tant au point de vue de leur résistance que de leur imperméabilité. Mais leur prix de revient est encore trop élevé pour les ressources d'une municipalité, et on ne l'a employé jusqu'ici que pour les usages privés. Il faut espérer que les progrès de l'art céramique le feront davantage entrer dans la pratique.

Le revêtement d'asphalte fondu et mélangé de sable ne présente pas des conditions suffisantes de résistance, et on l'a réservé jusqu'ici aux trottoirs. Quant au

pavage d'asphalte comprimé, il répond, semble-t-il, à toutes les exigences de l'hygiène, et les recherches de M. Pellegrini sont très concluantes à ce sujet. L'auteur italien le regarde comme le mode de revêtement idéal. Sans être aussi optimiste, nous tendons à croire qu'une ville dont les chaussées seraient toutes recouvertes d'asphalte comprimé, serait, pour le moment, au point de vue pavage, la ville salubre par excellence. Sa résistance, d'autre part, est très grande, et, d'après les ingénieurs eux-mêmes, les défauts trouvés sous ce rapport ne sont dus qu'à une mauvaise exécution du travail. Le seul défaut de l'asphalte comprimé est qu'il coûte encore cher. Mais si l'on songe que son prix de revient est très inférieur à celui du pavage en bois, il est à désirer que le revêtement bitumeux remplace désormais le revêtement en bois, en attendant qu'il remplace les autres.

Le liège, le caoutchouc, le verre, la technolithe ont été encore trop peu expérimentés. Ils donneront peut-être un jour d'excellents résultats, et particulièrement la technolithe, sur laquelle on fonde en Allemagne de grandes espérances, mais, dans l'état actuel de la question, il est absolument impossible de se prononcer à leur sujet.

CONCLUSIONS

1° Le pavage, dans une ville, est une condition importante de salubrité.

2° Les revêtements faits simplement sur terre battue sont insuffisants au point de vue de l'hygiène publique.

3° Parmi les revêtements sur béton :

Le bois ne satisfait à aucune des conditions sanitaires :

Le dallage en pierre et le grès cérame sont parfaitement salubres, mais leur prix de revient élevé s'oppose à leur emploi.

Seul, le pavage d'asphalte comprimé répond, à la fois aux exigences de l'hygiène et aux desiderata de la voirie.

VU :

Le Président de thèse,

COURMONT.

VU

Le Doyen,

LORTET.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Lyon, le 27 juin 1901.

Le Recteur,

Président du Conseil de l'Université,

G. COMPAYRÉ.

BIBLIOGRAPHIE

La Ville salubre (*Manuel du Génie sanitaire*), par G. BARRE.

Sulla resistenza del bacillo tuberculare negli sputi sopra diverse specie di pavimenti et dentro le biancherie, par F. ABBA et F. BARELLI.

Sulla contaminazione della superficie nelle grandi città, dal punto di vista dell'igiene et dell'ingegneria sanitaria, par le D^r MANFREDI.

Annales d'hygiène et de Médecine légale (années 1892, 1893, 1894, 1897, 1898, 1899).

Revue d'hygiène et de police sanitaire (années 1890, 1891, 1894, 1896, 1898).

Génie sanitaire (mars 1896).

Lyon Médical (septembre 1896).

Progrès médical (26 décembre 1896).

Bulletin de la Société des Ingénieurs civils de France (mars 1899).

Cours de Construction, par G. OSLET.

Traité d'hygiène (Leipzig, 1890), UFFELMANN.

Annales de l'Institut d'hygiène de Bruxelles (1898).

Rivista d'igiene et sanita pubblica (1897).

Gesundheits-Ingenieur (mars 1897).

Deutsche Lanzeitung (1896).

The Sanitary Record (15 novembre 1892).

Brit. med. Journal (17 août 1895).

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS.....	7
INTRODUCTION	9
CHAPITRE PREMIER. — Du pavage en général.....	11
CHAPITRE II. — Des différents pavages au point de vue hygiénique.....	23
CHAPITRE III. — Des différents pavages au point de vue économique.....	47
CHAPITRE IV. — Etude critique sur le pavage.....	55
CONCLUSIONS.....	59
BIBLIOGRAPHIE	61

Imprimerie MOUGIN-RUSAND. — WALTENER et C^{ie}, successeurs
3, rue Stella — LYON
